

**Das Verhalten der zeitlichen Herzdynamik
in der Erholungsphase nach körperlicher Belastung
bei Herzgesunden**

von
Peter Kränzlein
aus
Erlangen

1970 № 463

Aus der Medizinischen Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. C. Korth

Das Verhalten der zeitlichen Herzdynamik in der Erholungsphase nach körperlicher Belastung bei Herzgesunden

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Peter Kränzlein
aus
Erlangen

gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. W. Schiefer

Referent: Prof. Dr. C. Korth

Tag der mündlichen Prüfung: 30. 9. 1970

Meinen Eltern
sei diese Arbeit in Dankbarkeit gewidmet.

Herrn Prof.Dr.C.Korth danke ich für die freundliche
Übernahme des Referates.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. E. Lang
für die freundliche Überlassung des Themas sowie für
seine unermüdliche Bereitschaft, mir jederzeit mit
Rat und Tat zur Seite zu stehen.

Das Verhalten der zeitlichen Herzdynamik in der Erholungsphase nach körperlicher Belastung bei Herzgesunden.

In der Ergometrie besitzt der Arzt eine gute Untersuchungsmethode, um die Leistungsfähigkeit, insbesondere die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit zu prüfen. Mit ihr ist es möglich, einen Patienten oder eine Versuchsperson mit einer genau definierten Arbeit zu belasten, wodurch ergometrisch gewonnene Befunde exakt vergleichbar werden.

Unter den Meßgrößen, die während ergometrischer Belastung ermittelt werden, haben sich besonders die Pulsfrequenz, die Sauerstoffaufnahme, die Verteilung der Atemgase und der Blutdruck als aussagekräftig bezüglich der körperlichen Leistungsfähigkeit erwiesen.

Als Untersuchungsmethode, die speziell über die Dynamik des Herzens unter Belastung Aufschluß geben kann, haben LANG und BRAMMER (34) die Belastungs-sphygmographie inauguriert, die es erstmals ermöglicht, die Zeitphasen der Herzdynamik während Belastung zu messen. LANG und KRAUSS (35) konnten zeigen, daß die zeitliche Dynamik von Patienten mit einer kompensierten Herzinsuffizienz unter entsprechender Belastung in die Insuffizienz ableiten kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung ist es, zu prüfen, wie sich die Herzdynamik Herzgesunder nach einer dosierten ergometrischen Belastung, also in der Erholungsphase, verhält.

Material und Methodik.

An 50 Versuchspersonen (Studenten) im Alter zwischen 20 und 32 Jahren wurden Messungen der Herzdynamik unter Belastung vorgenommen. Das Durchschnittsalter der Probanden betrug 24,8 Jahre.

Als Registriergerät verwendeten wir den Migrograf Cardirex 6t der Firma Siemens mit eingebautem Infratonverstärker nach BOUCKE und BRECHT. Synchron wurde eine EKG-Ableitung, der Herzschall und der Carotispuls aufgezeichnet, wobei das EKG in der MC-5 Ableitung geschrieben wurde. Zum Aufzeichnen des Elektrokardiogramms wurden 3 Saugelektroden verwendet, die mit Elektrolytpaste bestrichen und mit Leukoplast auf dem manubrium sterni, im 5.ICR links (vordere Axillarlinie) und am linken Mittelbauch (Erde) befestigt wurden. Das Phonokardiogramm wurde mit Hilfe eines Körperschallmikrophons der Firma Elema-Schönander, Schweden (EMT-25), geschrieben, das mit zwei Pflasterstreifen über dem Erb'schen Punkt fixiert wurde. Zur Aufzeichnung der Carotispulskurve verwendeten wir ein Kondensatormikrophon nach BOUCKE und BRECHT, das mit einer Halsmanschette über der art. carotis dextra befestigt war.

Bei den Versuchspersonen wurden zunächst Messungen in Ruhe auf dem Fahrradergometer sitzend vorgenommen. Anschließend wurden sie stufenweise auf 200 Watt belastet (Fahrradergometer-Ergotest). Nach dem Erreichen eines steady state wurde die Belastung abgebrochen. Die Kurven wurden bei Belastungsende sowie nach 30 sec., 1, 2, 3, 4 und 5 min. nach Ende der Belastung registriert,

wobei die Versuchspersonen aufrecht auf dem Fahrrad-ergometer sitzenblieben.

Auf Grund des von BLUMBERGER und HOLLDACK angegebenen Verfahrens konnten die Meßwerte für die Diastolendauer, die Systolendauer, die Austreibungszeit und die Umformungszeit direkt ermittelt werden:

Diastolendauer (D): Vom Beginn des vorangehenden 2. Herztones bis zum Beginn des Kammeraktionsstromes (Beginn der Q-Zacke).

Systolendauer (A+S): Vom Beginn des Kammeraktionsstromes bis zum Beginn des 2. Herztones.

Austreibungszeit (S): Vom Fußpunkt bis zur Incisur der Carotispulskurve.

Umformungszeit (UZ): Vom Beginn des Kammeraktionsstromes bis zum Beginn des 1. Herztones.

Aus diesen Messungen wurden folgende Parameter errechnet:

Anspannungszeit (A): Systolendauer minus Austreibungszeit.

Druckanstiegszeit (DAZ): Anspannungszeit minus Umformungszeit.

Periodendauer (T): Diastolendauer plus Systolendauer.

Herzfrequenz (F): $\frac{60 \times 1000}{\text{Periodendauer}}$

Ergebnisse

1.) Die Diastolendauer in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (Tab. I, Abb. 1)

Die Mittelwerte der Diastolendauer zeigen in der Erholungsphase eine Zunahme, die in den ersten zwei Minuten nach dem Endpunkt der Belastung am steilsten ist (von 131 msec. auf 262 msec.) und sich in den folgenden drei Minuten nicht wesentlich ändert (von 262 msec. auf 274 msec.). Der vor Beginn der Belastung ermittelte Ruhemittelwert von 378 msec. wird innerhalb der beobachteten 5 min. nicht annähernd erreicht. Insgesamt verlängert sich die Diastolendauer von 131 msec. (maximale Belastung) auf 274 msec. (nach 5 Minuten) um 143 msec.. Die Streubreite schwankt zwischen $\pm 17,5$ msec. und $\pm 71,3$ msec..

2.) Die Anspannungszeit in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (Tab. II, Abb. 2)

Die Mittelwerte der Anspannungszeit zeigen graphisch einen wesentlich flacheren Verlauf als die der Diastolendauer. Aus der Kurve ersieht man einen langsamen Anstieg der Anspannungszeit von 34 msec. bei Belastungsende bis auf 88 msec. in der 5. Minute der Erholung. In den ersten 30 sec. nach der Belastung ist der Anstieg am steilsten. Der Endwert liegt nur um 2 msec. niedriger als der vorher ermittelte Ruhewert. Die Streubreite weicht nicht nennenswert von einem Mittelwert von $\pm 17,5$ msec. ab. Insgesamt erhöht sich die Anspannungszeit in

Tabelle I

Einzelbefunde der Diastolendauer (msec.) in der
Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (n=50)

Nr.	200 Watt	30''	1'	2'	3'	4'	5'	R
1	130	173	193	231	239	230	242	410
2	135	221	254	272	228	263	265	311
3	133	224	232	236	308	292	262	484
4	141	190	230	256	295	286	275	367
5	136	159	156	204	206	218	198	475
6	190	263	298	311	322	293	298	326
7	120	179	205	216	236	243	213	344
8	112	161	171	212	195	218	211	334
9	105	195	209	281	279	267	269	264
10	133	178	182	210	228	228	226	292
11	145	200	290	313	303	337	345	387
12	90	157	191	199	200	225	219	376
13	112	145	168	203	211	216	206	268
14	131	193	217	231	243	250	280	343
15	125	211	229	240	244	243	233	321
16	140	176	212	222	217	232	216	272
17	131	257	311	297	305	314	320	421
18	140	345	311	404	380	352	387	397
19	118	248	279	313	311	315	317	375
20	175	227	274	325	302	307	297	490
21	130	215	215	239	246	238	263	274
22	131	215	270	320	280	291	296	326
23	130	219	244	285	293	245	312	412
24	150	319	341	395	412	439	506	519
25	131	183	209	221	235	251	282	348
26	133	233	254	304	323	408	333	613
27	146	208	202	241	247	251	253	300
28	156	326	329	520	519	443	470	562
29	121	193	210	244	243	233	248	278
30	127	178	190	200	224	216	189	372
31	110	165	183	179	195	193	188	304
32	118	167	178	229	207	205	222	347
33	133	191	193	248	273	255	248	597
34	150	261	304	323	325	334	285	574
35	140	166	175	198	201	227	207	359
36	125	188	224	244	251	263	256	368
37	134	176	202	217	219	210	220	236
38	137	233	265	311	301	307	286	260
39	107	191	204	257	284	290	255	400
40	95	153	198	239	233	247	203	261
41	142	192	214	255	252	273	262	621
42	125	183	211	270	301	507	514	403
43	143	208	256	275	286	304	301	451
44	129	240	277	326	320	288	307	446
45	125	268	273	272	268	260	293	416
46	159	194	201	248	250	242	240	533
47	115	165	180	191	203	226	269	270
48	113	184	196	206	202	212	265	220
49	124	207	254	247	208	226	242	253
50	124	211	227	231	214	229	211	326

Abb.1:

Verhalten der Diastolendauer in der Erholungsphase
nach ergometrischer Belastung

———— Mittelwert in Ruhe vor Belastung
- - - - - Streubreite in Ruhe vor Belastung

I Mittelwerte und Streubreite in der Erholungsphase

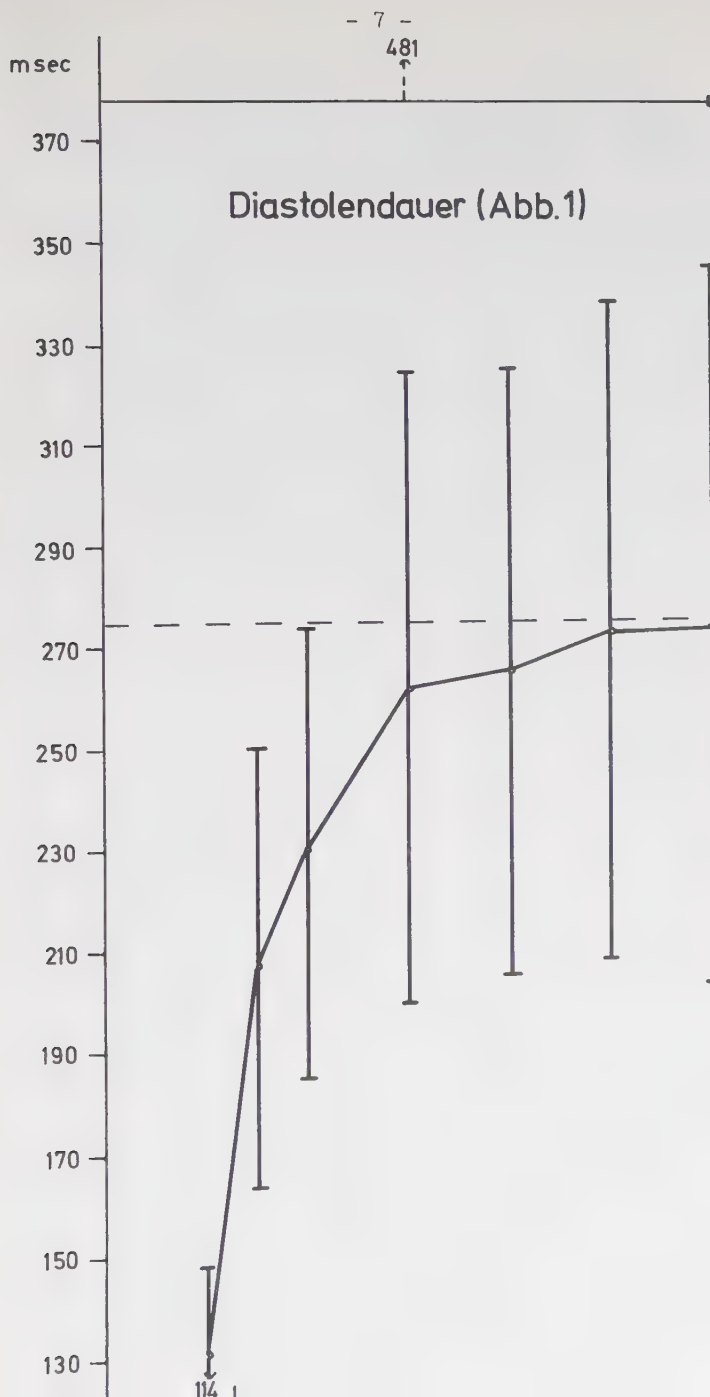


Tabelle II

Einzelbefunde der Anspannungszeit (msec.) in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (n=50)

Nr.	200 Watt	30''	1'	2'	3'	4'	5'	R
1	17	68	90	74	84	94	97	67
2	-1	72	58	66	87	106	136	76
3	29	70	69	94	93	106	102	84
4	17	55	21	83	50	76	81	62
5	27	63	88	90	88	97	98	66
6	78	118	96	133	103	113	114	140
7	55	46	63	80	66	98	109	100
8	51	56	65	48	70	90	88	104
9	58	67	75	73	89	81	97	105
10	15	85	84	60	68	91	93	106
11	29	115	85	107	99	94	93	95
12	53	44	37	65	75	61	66	106
13	46	49	47	67	64	74	86	88
14	53	62	66	74	79	83	82	81
15	48	52	52	60	69	67	76	71
16	37	59	60	70	73	79	83	67
17	58	57	65	70	72	84	81	83
18	91	57	81	87	94	108	110	93
19	29	43	43	54	65	71	65	58
20	45	43	42	53	47	69	79	62
21	25	40	43	50	49	57	49	50
22	6	58	48	67	72	85	87	60
23	12	51	62	63	91	98	98	114
24	64	71	84	97	103	116	115	85
25	33	44	50	64	72	83	80	92
26	38	62	73	82	83	100	119	99
27	2	57	62	64	85	79	87	95
28	29	70	71	87	84	90	94	95
29	36	80	80	83	84	71	-17	92
30	20	42	46	67	44	56	92	101
31	54	66	67	83	97	92	101	110
32	29	53	54	35	63	93	92	80
33	20	28	38	60	51	60	73	60
34	38	64	68	87	95	104	109	126
35	25	43	60	74	80	89	95	86
36	29	40	45	47	43	50	70	99
37	22	75	70	81	82	80	82	84
38	36	36	38	40	51	67	70	83
39	42	54	67	72	85	85	112	106
40	60	62	64	85	51	60	81	93
41	25	50	52	53	65	73	74	89
42	21	47	57	48	64	81	97	104
43	27	47	58	76	72	80	68	109
44	12	66	58	77	86	92	87	104
45	60	86	98	122	115	120	120	110
46	7	26	42	52	56	66	78	79
47	20	41	70	71	70	72	82	90
48	22	50	66	74	68	84	88	96
49	29	57	62	75	85	75	84	75
50	30	62	69	74	89	90	91	100

Tabelle III

Einzelbefunde der Austreibungszeit (msec.) in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (n=50)

Nr.	200 Watt	30''	1'	2'	3'	4'	5'	R
1	170	163	180	191	195	192	203	231
2	176	161	163	190	194	197	167	217
3	168	166	179	180	202	205	204	228
4	170	129	154	146	200	200	209	230
5	149	138	140	162	170	185	185	177
6	137	156	180	170	214	202	200	176
7	127	147	149	160	178	190	192	193
8	132	151	154	166	184	176	191	184
9	152	162	160	188	190	206	205	218
10	175	143	150	167	172	175	184	191
11	151	152	180	183	192	200	205	208
12	177	160	164	160	184	200	207	230
13	172	152	157	162	178	181	186	212
14	157	162	169	177	187	196	204	215
15	175	155	161	164	176	188	198	220
16	160	143	157	169	170	183	196	197
17	162	188	202	200	207	214	223	224
18	169	238	233	234	233	227	240	251
19	161	170	176	196	213	213	215	232
20	180	178	185	192	193	200	208	254
21	158	140	148	156	170	179	186	182
22	162	182	196	215	218	225	226	230
23	169	170	180	196	204	202	220	228
24	193	200	208	228	232	234	246	251
25	178	176	181	185	189	197	211	216
26	200	194	193	202	218	232	230	240
27	167	154	168	180	189	196	206	210
28	164	198	210	220	226	215	224	234
29	161	174	180	185	199	214	303	219
30	182	154	158	173	181	188	180	189
31	163	177	182	186	200	203	195	232
32	164	141	159	160	168	174	174	206
33	172	154	166	156	184	190	200	250
34	195	189	198	204	215	222	230	264
35	155	150	145	160	169	177	185	218
36	169	163	173	181	195	204	203	222
37	163	112	136	127	138	148	162	180
38	177	160	160	181	188	190	196	180
39	190	166	170	183	198	208	201	212
40	160	162	155	140	177	198	200	214
41	180	152	146	162	169	178	184	236
42	168	146	154	170	197	248	246	233
43	156	160	166	170	187	202	216	214
44	169	174	180	197	200	205	216	225
45	183	180	192	188	192	196	198	220
46	167	151	138	146	161	166	170	216
47	165	157	150	155	162	172	186	202
48	161	146	152	160	170	180	188	194
49	168	158	168	163	168	170	175	180
50	162	154	159	165	170	172	175	190

Abb.2:

Verhalten der Anspannungszeit in der Erholungsphase
nach ergometrischer Belastung

Abb.3:

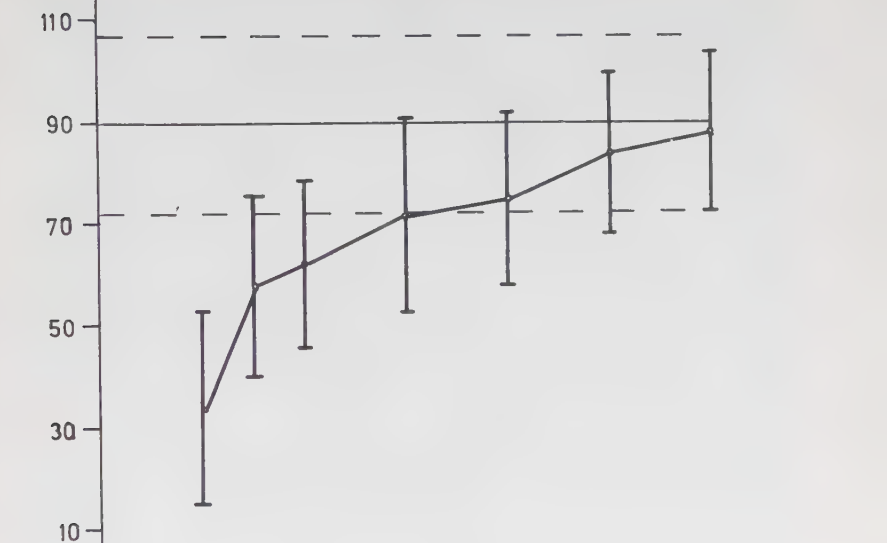
Verhalten der Austreibungszeit in der Erholungsphase
nach ergometrischer Belastung

———— Mittelwert in Ruhe vor Belastung
— — — — — Streubreite in Ruhe vor Belastung

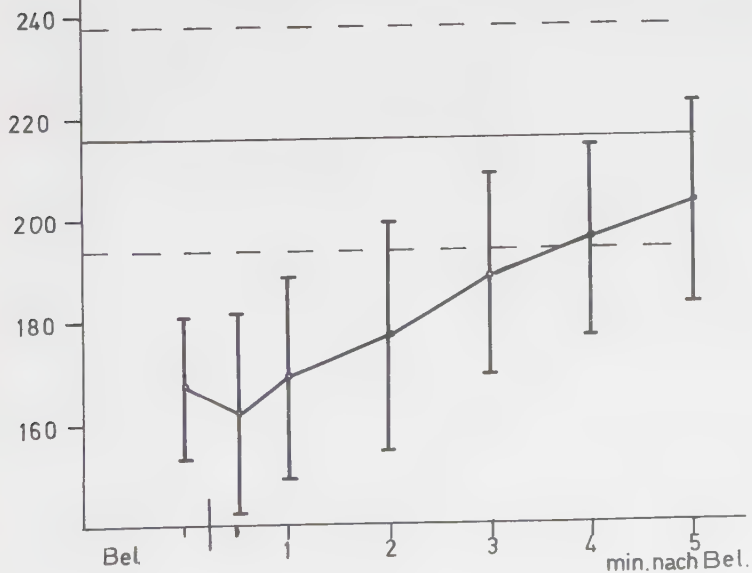
I Mittelwerte und Streubreite in der Erholungsphase

msec

Anspannungszeit (Abb.2)



Austreibungszeit (Abb.3)



der 5-minütigen Erholungsphase um 54 msec.,
und zwar von 34 msec. auf 88 msec..

3.) Die Austreibungszeit in der Erholungsphase
nach ergometrischer Belastung (Tab. III, Abb.3)

Der Verlauf dieser Kurve weicht von dem der
anderen Parameter etwas ab, und zwar in der
Form, daß der Ausgangsmittelwert von 167 msec.
nach 30 sec. um 5 msec. sinkt, um nach 5 Mi-
nuten Erholung verhältnismäßig linear einen
Endwert von 203 msec. zu erreichen, der dem
Ruhewert von 216 msec. sehr nahe kommt. Die
Streubreite beträgt zunächst (bei 200 Watt)
 $\pm 14,2$ msec. und $\pm 19,6$ msec. am Ende der be-
obachteten Erholungsphase.

4.) Die Druckanstiegszeit in der Erholungsphase
nach ergometrischer Belastung (Tab. IV, Abb.4)

Die Mittelwertkurve der Druckanstiegszeit
zeigt einen leicht treppenförmigen Verlauf,
ohne daß sich die "Treppen" in der Signifi-
kanzberechnung bestätigen. In den ersten
30 sec. der Erholung hat die Kurve ihren
steilsten Anstieg um 13,7 msec., steigt dann
nur allmählich an, um in der 5. Minute nach Be-
lastungsende eine mittlere Druckanstiegszeit
von 39 msec. zu erreichen.

Die Druckanstiegszeit nimmt also während der
Erholung um 32,7 msec. zu und liegt noch um
6 msec. unter dem Ruhewert.

Die Streubreite liegt - mit Ausnahme des Aus-
gangswertes ($\pm 20,3$ msec.) - zwischen $\pm 16,0$
msec. und $\pm 18,5$ msec.

Tabelle IV

Einzelbefunde der Druckanstiegszeit (msec.) in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (n=50)

Nr.	200 Watt	30''	1'	2'	3'	4'	5'	R
1	-13	34	52	34	41	50	55	14
2	-34	35	6	-2	12	28	58	31
3	2	39	34	53	49	63	59	55
4	-9	18	-20	33	-1	24	23	13
5	-3	15	10	37	46	58	60	11
6	50	81	55	87	58	68	70	89
7	28	4	23	39	21	53	64	48
8	12	17	24	6	24	42	40	51
9	31	30	35	27	46	41	54	54
10	-11	35	34	-2	7	23	28	21
11	-9	84	55	73	62	50	53	42
12	25	19	14	32	39	26	28	60
13	23	13	8	23	21	18	26	58
14	25	30	30	35	38	40	35	40
15	27	27	26	22	31	27	38	15
16	8	18	10	19	20	21	22	20
17	32	27	42	14	17	26	27	53
18	54	12	37	21	27	39	35	57
19	3	17	9	17	25	33	38	9
20	24	00	2	6	2	20	35	26
21	-6	6	5	7	-1	2	3	6
22	-39	25	7	18	25	32	27	13
23	-8	12	22	19	42	53	48	94
24	26	29	46	46	46	53	58	47
25	1	23	28	45	52	65	61	67
26	17	22	33	37	37	51	73	60
27	-22	14	8	2	21	13	20	50
28	-8	29	27	41	40	50	51	47
29	26	51	43	48	44	36	-23	52
30	-5	-4	-7	5	-19	-13	19	71
31	33	22	26	42	48	52	61	88
32	-1	24	22	7	30	56	56	4
33	00	7	16	36	23	30	43	5
34	9	14	15	27	27	39	40	83
35	-6	-11	4	13	17	34	24	41
36	2	00	45	47	-1	8	23	49
37	-10	48	46	40	41	39	36	44
38	9	-2	5	30	11	25	28	36
39	15	8	20	39	44	44	73	65
40	36	26	14	40	2	17	34	38
41	4	11	15	23	25	26	27	39
42	-7	12	24	17	28	21	37	70
43	6	14	30	44	36	42	34	64
44	-22	25	16	29	36	48	37	54
45	35	31	28	52	41	60	50	70
46	-19	-6	8	17	11	26	34	32
47	-19	5	25	27	28	25	39	42
48	-4	8	14	16	13	29	38	47
49	2	8	15	15	22	15	24	27
50	4	16	25	27	41	40	38	51

Tabelle V

Einzelbefunde der Umformungszeit (msec.) in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (n=50)

Nr.	200 Watt	30''	1'	2'	3'	4'	5'	R
1	30	34	38	40	43	44	42	53
2	33	52	46	68	75	78	78	45
3	27	31	35	41	44	43	43	29
4	35	37	41	50	51	52	58	41
5	26	48	78	43	42	39	38	49
6	30	37	41	46	45	45	44	55
7	28	42	40	41	45	45	49	51
8	27	39	41	42	46	48	48	52
9	39	37	40	46	43	40	43	53
10	27	50	50	58	61	68	65	51
11	26	31	30	34	37	34	40	85
12	20	25	23	32	36	35	38	52
13	38	36	39	44	43	46	60	53
14	28	32	36	39	41	43	47	46
15	23	25	26	38	38	40	38	30
16	28	41	50	51	53	58	61	41
17	21	30	23	56	55	57	54	56
18	29	45	44	66	67	69	68	47
19	26	26	34	37	40	38	34	30
20	37	43	40	47	45	49	44	36
21	26	34	38	43	50	55	46	49
22	21	33	41	49	47	53	50	36
23	31	39	40	44	49	45	46	44
24	45	42	38	51	57	63	57	47
25	20	21	22	19	20	18	19	20
26	38	40	40	45	46	49	46	38
27	32	43	54	62	64	66	67	25
28	21	41	44	46	44	40	43	39
29	24	29	37	35	40	35	39	45
30	37	46	53	62	63	69	73	48
31	25	44	41	41	49	40	40	30
32	21	29	32	28	33	37	36	22
33	30	21	22	24	28	30	30	76
34	20	50	53	60	68	65	69	55
35	29	54	56	61	63	65	71	43
36	31	40	40	43	44	42	47	45
37	27	27	34	41	41	41	46	50
38	32	38	33	37	40	42	42	40
39	27	46	47	43	41	41	39	47
40	27	36	40	45	49	43	47	41
41	24	39	37	40	40	44	47	55
42	10	35	33	38	36	58	60	40
43	21	33	28	32	36	38	34	50
44	28	41	42	48	50	44	50	34
45	21	55	70	70	74	60	70	45
46	34	32	34	35	45	40	44	50
47	25	36	45	44	42	47	43	40
48	26	42	52	58	53	55	50	47
49	39	49	47	60	63	60	60	48
50	26	46	44	47	48	50	53	49

Abb.4:

Verhalten der Druckanstiegszeit in der Erholungsphase
nach ergometrischer Belastung

Abb.5:

Verhalten der Umformungszeit in der Erholungsphase
nach ergometrischer Belastung

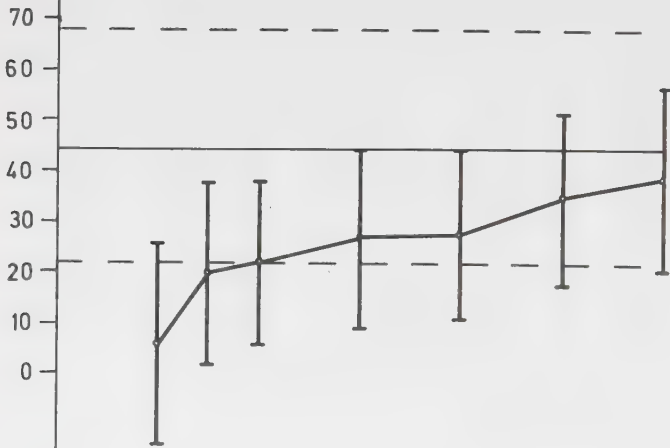
———— Mittelwert in Ruhe vor Belastung

-- -- -- -- Streubreite in Ruhe vor Belastung

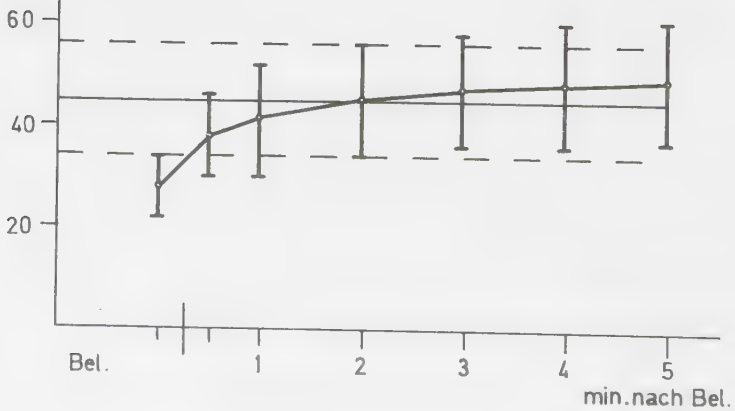
I Mittelwerte und Streubreite in der Erholungsphase

msec

Druckanstiegszeit (Abb.4)



Umformungszeit (Abb.5)



5.) Die Umformungszeit in der Erholungsphase
nach ergometrischer Belastung (Tab. V, Abb.5)

Die Mittelwertkurve der Umformungszeit weicht lediglich in den ersten beiden Untersuchungsstufen von einem fast linearen, flachen Verlauf ab. Der steilste Anstieg findet sich in den ersten 30 sec. (28 msec.). Der weitere Verlauf ist annähernd geradlinig und steigt um 11 msec. von 38 msec. auf 49 msec. an, womit der mit 45 msec. gefundene Ruhewert sogar um 4 msec. überschritten wird. Die Veränderung der Umformungszeit während der Erholung ist also sehr gering.

Die Streubreite steigt vom Ausgangswert ($\pm 6,4$ msec.) zum Endwert ($\pm 12,3$ msec.) langsam an.

6.) Der Quotient Austreibungszeit / Anspannungszeit
in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (Abb.6)

Die Mittelwerte des Quotienten Austreibungszeit / Anspannungszeit differieren um 3,3 zwischen dem Ausgangswert (5,6) und dem Endwert (2,3). Der steilste Abfall in der Kurve liegt zwischen Belastungsende und den ersten 30 sec.. Danach läßt sich im allgemeinen noch die abfallende Tendenz des Quotienten Austreibungszeit / Anspannungszeit erkennen. Statistisch signifikante Mittelwertsprünge lassen sich aber nicht mehr nachweisen.

Die Streubreite ist zu Beginn der Erholung mit $\pm 2,7$ am größten, verhält sich in den nächsten vier Zeitphasen mit $\pm 0,9$ bzw. $\pm 0,7$ im wesentlichen konstant und sinkt dann in den letzten Phasen auf $\pm 0,5$ bzw. $\pm 0,4$ ab.

Tabelle VI

Einzelbefunde der Herzfrequenz (min.^{-1}) in der
Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (n=50)

Nr.	200 Watt	30''	1'	2'	3'	4'	5'	R
1	189	149	130	121	115	116	111	84
2	194	132	126	114	118	106	106	99
3	182	130	125	118	100	100	106	75
4	182	160	148	128	110	107	106	91
5	192	167	156	132	129	120	125	97
6	148	112	105	98	94	99	98	93
7	199	161	144	132	125	113	117	94
8	203	163	154	141	134	124	122	96
9	190	142	135	111	108	108	105	102
10	186	148	144	138	128	121	119	102
11	185	128	108	99	101	95	93	87
12	188	166	153	142	131	123	122	84
13	182	173	161	139	134	127	126	106
14	176	144	133	124	118	113	106	94
15	172	144	136	129	123	120	118	98
16	178	159	140	130	130	121	121	112
17	171	120	104	106	103	98	96	82
18	150	94	96	83	85	87	82	81
19	195	130	120	107	102	100	99	90
20	157	136	120	105	111	104	103	74
21	192	152	148	135	129	127	120	119
22	189	132	117	100	105	100	99	97
23	193	136	123	110	102	110	95	80
24	147	102	95	83	80	76	69	70
25	175	149	136	128	121	113	105	91
26	162	127	115	102	96	81	88	63
27	190	146	139	124	115	114	110	99
28	168	101	98	73	72	80	76	67
29	194	141	128	117	114	116	112	102
30	182	160	152	136	134	130	132	91
31	183	147	139	134	122	123	123	93
32	193	166	153	142	137	127	123	95
33	185	161	151	135	118	119	115	66
34	157	117	105	98	94	91	96	62
35	188	167	158	139	133	122	123	90
36	186	153	136	127	122	116	113	87
37	188	165	147	141	137	137	129	120
38	171	140	130	113	111	106	109	115
39	177	146	136	117	106	103	106	84
40	190	159	147	129	130	119	124	106
41	173	152	146	128	123	115	115	63
42	191	160	142	120	107	72	70	81
43	184	145	125	115	110	102	103	78
44	194	125	117	100	99	103	98	77
45	163	112	107	105	104	104	98	80
46	180	162	157	135	132	127	123	72
47	200	165	150	144	138	128	112	107
48	203	158	145	136	136	126	111	118
49	186	142	124	124	130	127	120	118
50	184	141	132	128	127	122	126	97

Abb.6:

Verhalten des Quotienten Austreibungszeit / Anspannungszeit in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung

Abb.7:

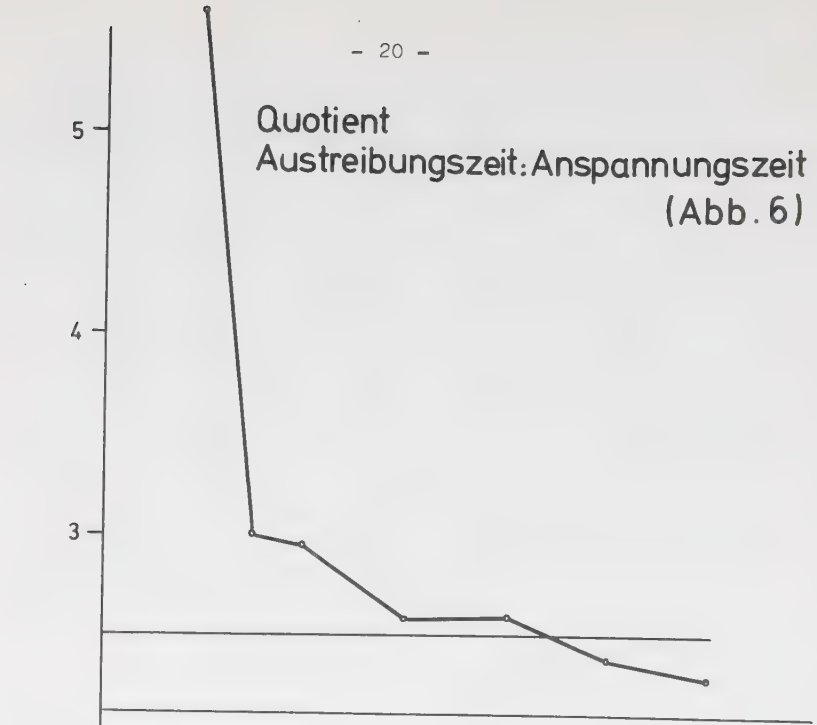
Verhalten der Herzfrequenz in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung

———— Mittelwert in Ruhe vor Belastung

- - - - - Streubreite in Ruhe vor Belastung

I Mittelwerte und Streubreite in der Erholungsphase

Quotient
Austreibungszeit:Anspannungszeit
(Abb. 6)



min⁻¹
Herzfrequenz (Abb.7)

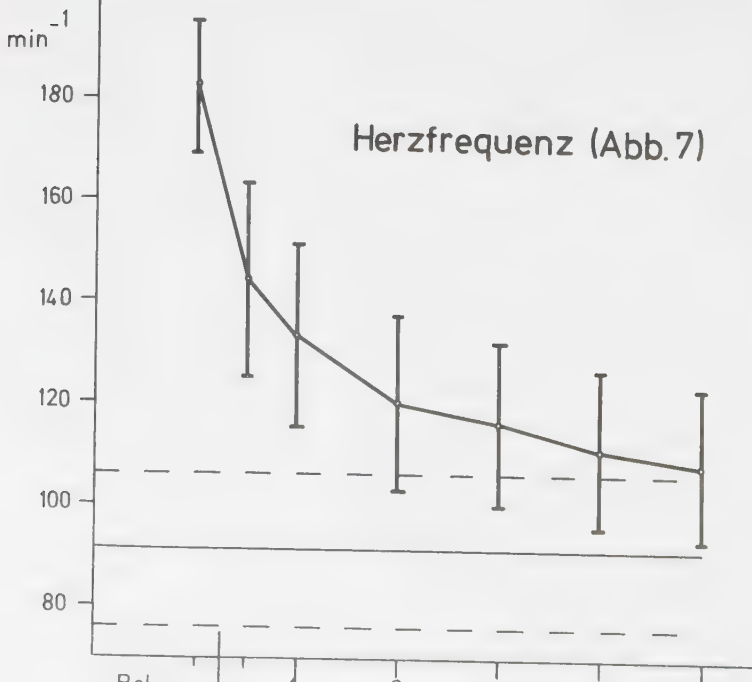


Tabelle VII

Einzelbefunde der Gesamtsystolendauer (msec.) in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (n=50)

Nr.	200 Watt	30''	1'	2'	3'	4'	5'	R
1	187	231	270	265	279	286	300	298
2	175	233	221	256	281	303	303	293
3	197	236	248	274	295	311	306	312
4	187	184	175	229	250	276	290	292
5	176	201	228	252	258	282	283	243
6	215	274	276	303	317	315	314	316
7	182	193	212	240	244	288	301	293
8	183	207	219	214	254	266	279	288
9	210	229	235	261	279	287	302	323
10	190	228	234	225	240	266	277	297
11	180	267	265	292	291	294	298	303
12	230	204	201	225	259	261	273	336
13	218	201	204	229	236	255	272	300
14	210	224	235	251	266	279	286	296
15	223	207	213	224	245	255	274	291
16	197	202	217	239	243	262	279	264
17	220	245	267	270	279	298	304	307
18	260	295	314	321	327	335	343	344
19	190	213	219	250	278	284	287	290
20	225	215	227	245	240	269	287	316
21	183	180	191	206	219	236	235	232
22	186	240	244	282	290	310	313	290
23	181	221	242	259	295	300	318	342
24	257	271	292	325	335	350	361	336
25	211	220	231	249	261	280	291	308
26	238	256	266	284	301	332	349	339
27	169	203	230	244	274	275	293	305
28	193	268	281	307	310	305	318	329
29	197	234	260	268	283	285	286	311
30	202	196	204	240	225	244	267	290
31	217	243	249	269	297	295	301	342
32	193	194	213	195	231	267	266	286
33	192	182	204	196	235	250	273	310
34	233	253	266	291	310	326	339	390
35	180	193	205	234	249	266	280	304
36	198	203	218	228	239	254	273	321
37	185	187	206	208	220	228	244	264
38	213	196	198	221	239	257	266	263
39	232	220	237	255	283	293	313	318
40	220	224	209	225	228	258	281	307
41	205	202	198	215	234	251	258	325
42	189	193	211	218	261	329	343	337
43	183	207	224	246	259	282	284	323
44	181	240	238	274	286	297	303	329
45	243	266	290	300	307	316	318	330
46	174	177	180	198	207	232	248	295
47	185	198	220	226	232	244	268	292
48	183	196	218	234	238	264	276	290
49	198	215	230	238	253	245	259	255
50	192	216	228	239	259	262	266	290

7.) Die Herzfrequenz in der Erholungsphase nach ergometrischer Belastung (Tab.VI, Abb.7)

Auch die mittlere Herzfrequenz nimmt in den ersten 30 sec. am stärksten (um 38 Herzschläge/min.) ab. In den beiden nächsten Stufen fällt die Kurve bei Unterschieden von 11 und 13 Herzschlägen/min. weniger stark, um zum Endwert von 108 Schlägen/min. mit Abnahmen von 4, 5 und 3 Schlägen/min. flach auszulaufen. Der Ruhewert von 91 Herzschlägen/min. wird allerdings noch nicht erreicht. Insgesamt hat sich die durchschnittliche Herzfrequenz während der Erholung zwischen der höchsten Belastungsstufe und dem Ruhewert genau um die Hälfte von 182 auf 91 Herzschläge/min. verringert.

Die Streubreite liegt recht konstant um ± 16 Schläge/min.

8.) Die prozentualen Abweichungen der Mittelwerte der untersuchten Parameter bezüglich des Belastungsendwertes (Tab. IX)

Die prozentuale Abweichung der untersuchten Parameter zeigt bei der Diastolendauer, der Anspannungszeit, der Druckanstiegszeit, der Umformungszeit und der Austreibungszeit steigende Tendenz, während sie bei dem Quotienten Austreibungszeit / Anspannungszeit und der Herzfrequenz absinkt.

Man erkennt sehr deutlich, daß gerade in den ersten 30 sec. der Erholung die Abweichung weitaus am größten ist, um dann mit zunehmender Erholungsdauer merklich geringer zu werden. Die vorher ermittelten Ruhewerte werden bei den meisten Parametern nach 5 Minuten noch nicht erreicht. Lediglich die Ergebnisse der Umformungs-

zeit und des Quotienten Austreibungszeit / Anspannungszeit überschreiten nach 5 Minuten Erholung um 14% bzw. um 4% den Ruhemittelwert. Die Diastolendauer nimmt 30 sec. nach Belastung um bereits 58% zu und hat sich nach 5 Minuten Erholung auf 109% mehr als verdoppelt.

Die Anspannungszeit zeigt ebenfalls in den ersten 30 sec. eine Erhöhung um 71%. Der Endwert liegt 159% über dem Ausgangswert.

Die Druckanstiegszeit zeigt die stärkste prozentuale, positive Abweichung. Nach 5-minütiger Erholung liegt sie um 522% über dem Belastungsendwert. Auch hier findet sich schon nach 30 sec. Erholung ein Anstieg um 224%.

Die Umformungszeit hat mit 75% einen relativ geringen Anstieg nach 5 Minuten, wobei mit 36% die Hälfte der gesamten Steigerung in den ersten 30 sec. der Erholung liegt.

Den geringsten Anstieg verzeichnet mit 22% nach 5 Minuten Erholung die Austreibungszeit.

Der Quotient Austreibungszeit / Anspannungszeit verkürzt sich in der Erholung knapp um die Hälfte auf 59%.

Die Herzfrequenz läßt schon nach 30 sec. einen prozentualen Abfall von 21% erkennen, verringert sich dann nach 5-minütiger Erholung um 41%. Der vorher ermittelte Ruhewert liegt genau um die Hälfte niedriger als der Belastungsendwert.

Tabelle VIII

Mittelwerte (M) und Streubreite (S) herzdynamischer Zeitwerte
in der Erholungsphase bei Herzgesunden nach Belastung (n = 50)

	D		A		DAZ		UZ		S		S/A		F	
	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S
200 W	131	17,5	34	19,3	6,3	20,3	28	6,4	167	14,2	5,6	2,7	182	13,7
30"	207	43,4	58	17,9	20	18,4	38	8,3	162	20,4	3,0	0,9	144	18,6
1'	230	45,3	62	16,5	22	16,0	41	10,8	169	20,2	2,9	0,9	133	17,9
2'	262	62,6	72	18,9	27	18,5	45	11,0	177	22,5	2,6	0,7	120	16,7
3'	265	60,8	75	17,0	28	17,2	47	11,2	189	19,6	2,6	0,7	116	16,0
4'	273	65,3	84	16,3	35	17,1	48	11,8	196	19,4	2,4	0,5	111	15,0
5'	274	71,3	88	16,3	39	18,1	49	12,3	203	19,9	2,3	0,4	108	14,8
Ruhe	378	103,7	90	18,4	45	23,0	45	11,5	216	22,0	2,5	0,7	91	15,4
v. Bel.														

Tabelle IX

Prozentuale Abweichungen der herzdynamischen Zeitwerte in der Erholungsphase (n = 50)

	D			A			DAZ			UZ			S			S/A			F		
	B	R		B	R		B	R		B	R		B	R		B	R		B	R	
200 W	100%	-65%		100%	-62%		100%	-86%		100%	-38%		100%	-23%		100%	+121%		100%	+100%	
30"	+58%	-45%		+71%	-36%		+224%	-54%		+36%	-16%		-3%	-25%		-46%	+20%		-21%	+58%	
1'	+76%	-39%		+82%	-31%		+225%	-50%		+46%	-9%		+1%	-22%		-47%	+17%		-21%	+46%	
2'	+100%	-31%		+112%	-20%		+337%	-38%		+61%	+0%		+6%	-18%		-54%	+3%		-34%	+32%	
3'	+102%	-30%		+121%	-17%		+343%	-37%		+68%	+4%		+13%	-12%		-53%	+4%		-36%	+27%	
4'	+108%	-28%		+147%	-7%		+462%	-20%		+71%	+7%		+17%	-9%		-57%	-4%		-39%	+22%	
5'	+109%	-28%		+159%	-2%		+525%	-12%		+75%	+9%		+22%	-6%		-59%	-9%		-41%	+19%	
Ruhe	+189%	100%		+165%	100%		+606%	100%		+61%	100%		+29%	100%		-55%	100%		-50%	100%	

v. Bel.

B = prozentuale Abweichung vom Belastungs-Endwert

R = prozentuale Abweichung vom Ausgangswert vor der Belastung

Anspannungszeit, Diastolendauer, Austreibungszeit,
Quotient Austreibungszeit / Anspannungszeit und
Umformungszeit während Belastung und Erholung bei
vergleichbarer Herzfrequenz.

Bei der Gegenüberstellung einzelner Parameter (Anspannungszeit, Diastolendauer, Austreibungszeit, Quotient Austreibungszeit / Anspannungszeit, Umformungszeit) in der Belastungs- (vgl. BRAMMER (14)) : Tab. IV) und Erholungsphase jedoch bei gleicher Pulsfrequenz konnte folgende Beobachtung gemacht werden:

Bei gleichen Herzfrequenzen liegen die Mittelwerte der Anspannungszeit und Diastolendauer während der Belastung im Durchschnitt um 6 msec. bzw. um 30 msec. tiefer als während der Erholungsphase.

Bei der Austreibungszeit und dem Verhältnis Austreibungszeit / Anspannungszeit findet sich bei demselben Vergleich ein entgegengesetztes Verhältnis: Die Erholungswerte sind hier niedriger als die vergleichbaren Belastungswerte.

Das Ergebnis der Umformungszeit scheint zwischen dem der Anspannungszeit und der Diastolendauer einerseits und Austreibungszeit und Quotient Austreibungszeit / Anspannungszeit andererseits zu liegen. Bei den niederen Frequenzen liegen die Belastungswerte unter den Erholungswerten, während bei den beiden höheren Frequenzwerten während Belastung die gleiche Tendenz zu erkennen ist wie bei den Erholungswerten.

Im Einzelnen konnten folgende Erkenntnisse ermittelt werden:

Für die Anspannungszeit während Belastung und Erholung bei vergleichbarer Frequenz (Abb.8) lassen sich klar

zwei parallel verlaufende Kurven erkennen, wobei die Erholungskurve um ca. 6 msec. über der Belastungskurve liegt. Während der Erholungsphase nimmt also die frequenzbezogene Anspannungszeit in größerem Maße zu als sie während Belastung abnimmt.

Auch für die Diastolendauer während Belastung und Erholung ist bei gleicher Frequenz (Abb.9) ein fast paralleler Verlauf beider Vergleichskurven festzustellen, wobei wiederum die frequenzorientierte Erholungskurve - diesmal um im Durchschnitt 30 msec. - über der Belastungskurve liegt. Die Diastolendauer steigt also während Erholung schneller an als während Belastung.

Gegenüber den vorherigen Parametern findet sich für die Austreibungszeit (Abb.10) ein veränderter Kurvenverlauf. In diesem Fall liegt die Mittelwertkurve der frequenzbezogenen Belastungswerte der Austreibungszeit über der der Erholungswerte; und zwar ist der Verlauf der Kurven zueinander nicht parallel, sondern läuft nahezu "keilförmig" aufeinander zu, wobei der größte Abstand bei den hohen Frequenzen bzw. niederen Austreibungszeitwerten liegt, um dann bei niedrigen Schlagfrequenzen und hohen Austreibungszeitwerten zu konvergieren. Bei vergleichbaren Herzschlagfrequenzen liegen also die Werte der Austreibungszeit während der Erholung teilweise wesentlich niedriger als während Belastung.

Für den Quotienten Austreibungszeit / Anspannungszeit während Belastung und Erholung (Abb.11) finden sich wieder beide Kurven in angedeuteter Parallelität zueinander, wobei im Diagramm die Erholungskurve unter der Belastungskurve liegt. Das frequenzbezogene Verhältnis des Quotienten Austreibungszeit / Anspannungszeit liegt während Belastung um etwa 0,7 höher als in

der Erholungsphase.

Die Kurven der Umformungszeit in Abhängigkeit von der Herzfrequenz (Abb.12) zeigen einen unterschiedlichen Verlauf. Die Kurve, die die Erholungswerte verbindet, verläuft annähernd linear und liegt eindeutig über den graphisch aufgezeichneten Belastungswerten, die bei niederen Frequenzen parallel zur Erholungskurve verlaufen, um bei schnellerer Schlagfolge über einen Knick, der statistisch nicht zu sichern ist, in die Verlängerung der Kurve mit den Erholungswerten einzuschwenken.

Abb.8:

Verhalten der Anspannungszeit in der Erholungs- und Belastungsphase bei vergleichbarer Pulsfrequenz

Abb.9:

Verhalten der Diastolendauer in der Erholungs- und Belastungsphase bei vergleichbarer Pulsfrequenz

Abb.10:

Verhalten der Austreibungszeit in der Erholungs- und Belastungsphase bei vergleichbarer Pulsfrequenz

Abb.11:

Verhalten des Quotienten Austreibungszeit / Anspannungszeit in der Erholungs- und Belastungsphase bei vergleichbarer Pulsfrequenz

Abb.12:

Verhalten der Umformungszeit in der Erholungs- und Belastungsphase bei vergleichbarer Pulsfrequenz

o = Erholungsphase

x = Belastungsphase

msec

Anspannungszeit (Abb.8)

100

90

80

70

60

50

40

30

20

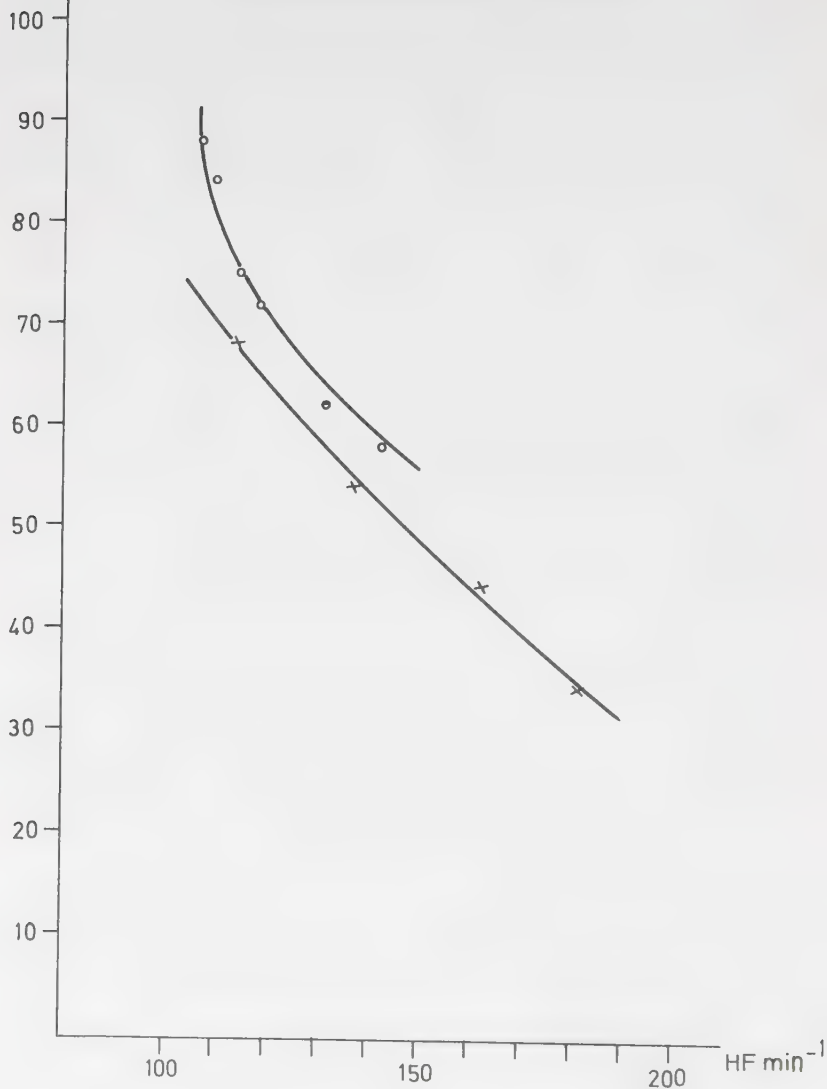
10

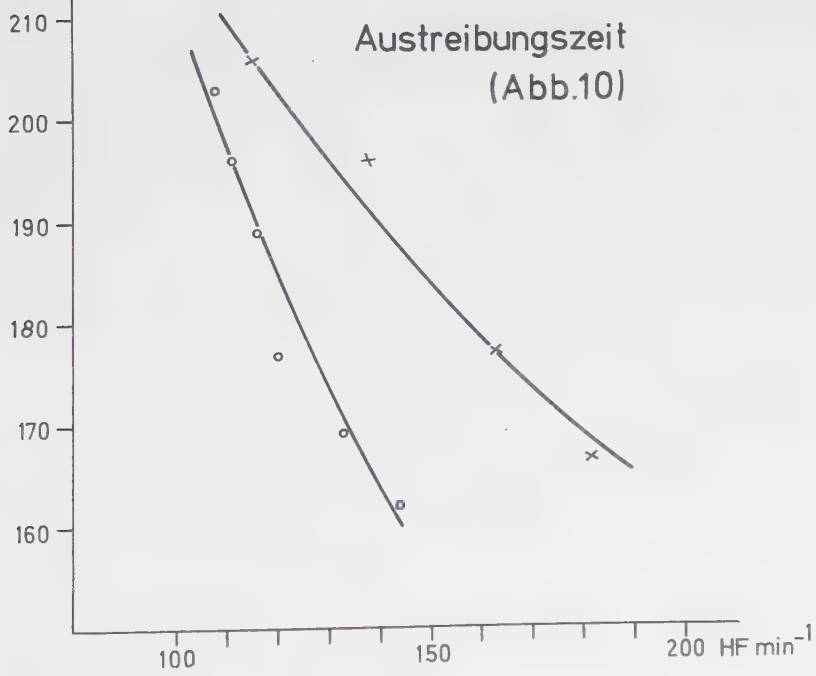
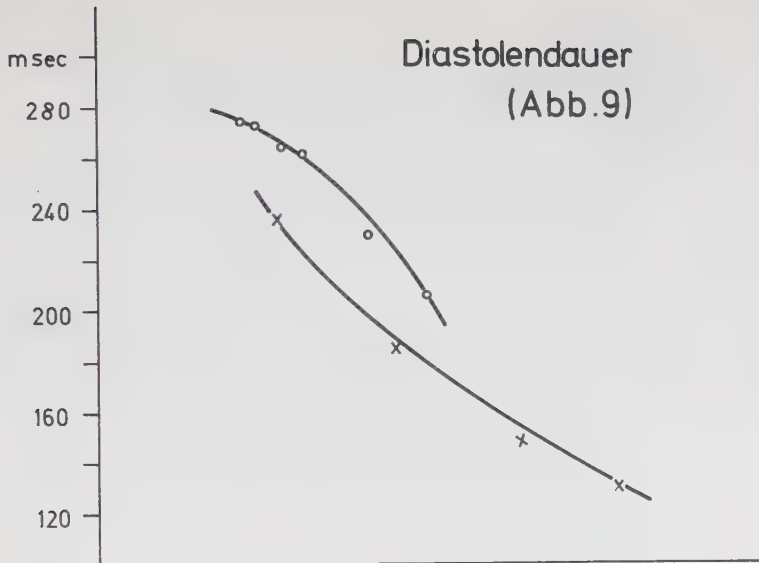
100

150

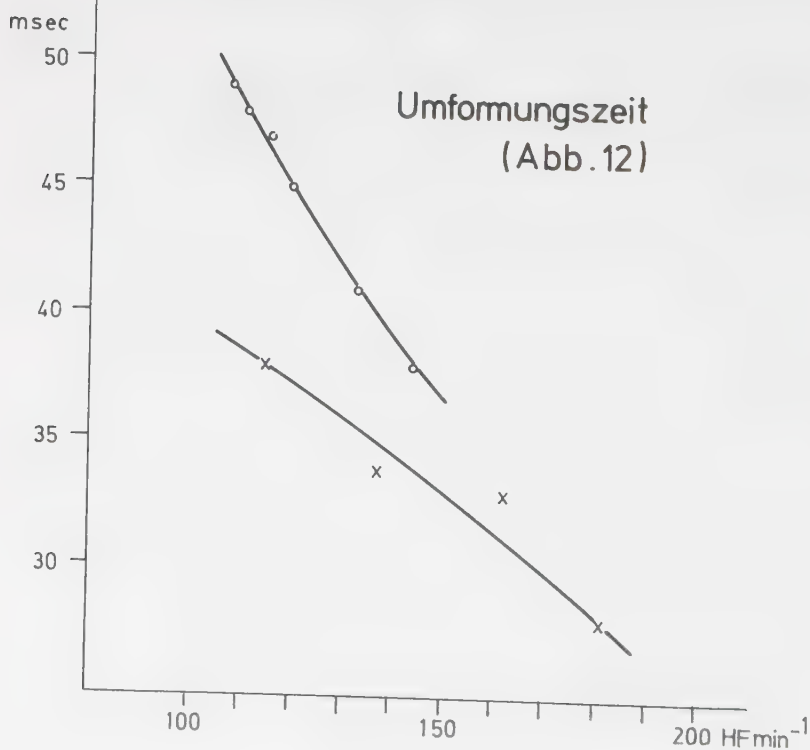
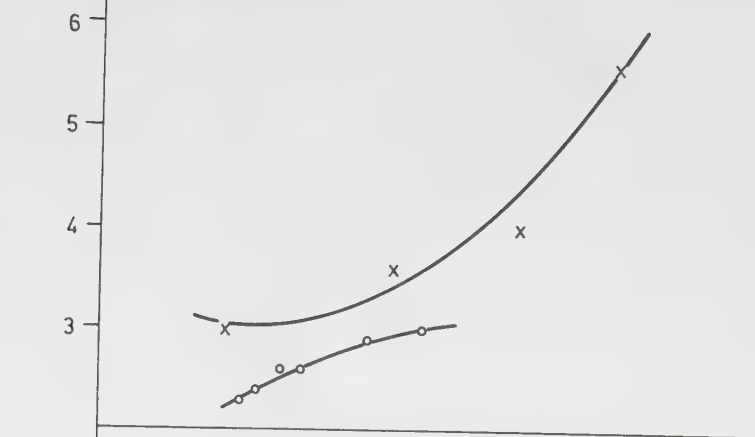
200

HF min⁻¹





Quotient
Ausbreitungszeit Anspannungszeit
(Abb.11)



Diskussion

Auf Grund der in der vorliegenden Arbeit gewählten Methode war es möglich, die unmittelbar dem Belastungshöhepunkt folgenden herzdynamischen Verhältnisse aufzuzeichnen.

Nach EDENS, BLUMBERGER (4), BLUMBERGER, HÜTTEN und KLEIN (12) geben Anspannungszeit und Austreibungszeit wichtige Aufschlüsse über Arbeitsbedingungen und Leistungsfähigkeit des Herzens. Dabei ist zu berücksichtigen, daß eine Abhängigkeit der Systole wie ihrer einzelnen Phasen von der Herzfrequenz besteht.

MÜLLER (48) konnte jedoch beim Vergleich der Anspannungszeit mit der Pulszahl bei verschiedenen Menschen keine festen Beziehungen ermitteln. Demgegenüber fand LANG (33) an einem größeren Kollektiv Herzgesunder, daß eine Beschleunigung der Schlagzahl eine Verkürzung der Anspannungszeit zur Folge hat. BLUMBERGER (11) dagegen läßt als direkt frequenzwirksam höchstens Vagus- und Sympathikuseinflüsse gelten. In ähnlicher Form hält auch MEINERS (41) die Anspannungszeit für weitgehend frequenzunabhängig. Übereinstimmung herrscht darüber, daß die Austreibungszeit weitgehend von der Pulszahl abhängig ist (11,5,33). Sie nimmt mit steigender Frequenz ab. Diese Feststellungen galten für die Verhältnisse in Körperruhe.

Während Belastung haben erstmals LANG und BRAMMER (34) gleiche Tendenzen nachweisen können. Bei Herzkranken kommt es dagegen zu einer Änderung der Tendenz, die ein Abgleiten in die Insuffizienz andeutet, wie es LANG und KRAUSS (35) zeigten. In der Erholungsphase scheinen diese Aussagen in analoger Form zu gelten. Mit fallender Herzfrequenz nehmen Anspannungszeit und Austreibungszeit zu. Und zwar ergaben unsere Unter-

suchungen: In dem gleichen Maße, wie die Herzfrequenz in den ersten 30 Sekunden der Erholung abfällt, konnten wir einen Anstieg der Anspannungszeit in diesem Zeitraum erkennen, während die Austreibungszeit in dieser frühen Phase der Erholung gegenüber der Herzfrequenz bzw. Anspannungszeit nachzuhinken scheint, in dem Sinn, daß sie sich zunächst noch weiter geringfügig verkürzt. In der Folgezeit steigt aber auch sie deutlich an. Insgesamt jedoch konnte eine Frequenzabhängigkeit von Anspannungszeit und mit den genannten Einschränkungen von Austreibungszeit während der Erholungsphase festgestellt werden. Auffallend ist jedoch daß bei gleicher Pulsfrequenz die Anspannungszeit in der Erholungsphase etwas länger ist als unter Belastung (LANG und BRAMMER (34)). Genau umgekehrt liegen die Verhältnisse bei der Austreibungszeit.

Die Beobachtung BLUMBERGER's (5), nach der eine Verlängerung der Diastole die folgende Austreibungszeit in gleichem Maße verlängert, konnte von uns während der Erholung nicht voll bestätigt werden, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß BLUMBERGER Einzelwerte in der Ruhe verglich. Dasselbe gilt für das Verhältnis Anspannungszeit zur Diastolendauer. Während BLUMBERGER (5), MÜLLER (48) und BEURICH und MAASS (3) eine Verkürzung der Anspannungszeit infolge einer Verlängerung der Diastole fanden, kamen wir zu einem gegensätzlichen Schluß. Bei unseren Untersuchungen zeigt sich während Belastung ein fast gleichsinniger Kurvenverlauf der Anspannungszeit und Diastolendauer zumindestens in der letzten Hälfte der von uns registrierten Erholungsphase.

Eine Abhängigkeit zwischen Herzfrequenz und dem Quotienten Austreibungszeit / Anspannungszeit konnten wir ebenso wie MÜLLER (48) nicht sicher erkennen. Auffallend erscheint aber die bei beiden Parametern

ähnlich steile Abnahme während der ersten Zeit der Erholung, was durch die wesentlich stärkere Zunahme der Anspannungszeit als der Austreibungszeit zu erklären sein dürfte, worauf auch MILLAHN (46) hinwies. Eine Verkürzung der Anspannungszeit kommt nach Ansicht von HOLLDACK (23), LANG (33) und MILLAHN (46) in erster Linie durch eine Verkürzung der Druckanstiegszeit zustande. EMMRICH und Mitarbeiter (20) konnten dagegen keine enge Abhängigkeit der Druckanstiegszeit von der Pulsfrequenz und damit von der Anspannungszeit beobachten. Unsere Befunde scheinen sich zwischen beiden Ansichten einordnen zu lassen. Wir konnten nämlich die Auffassung HOLLDACK's (23) nicht teilen, daß mit zunehmender Schlagzahl des Herzens die Anspannungszeit ausschließlich durch eine Verkürzung der Druckanstiegszeit verkleinert wird. Vielmehr scheinen zumindestens in der ersten Zeit der Erholung Druckanstiegszeit und Umformungszeit gemeinsam den Anstieg der Anspannungszeit bei gleichzeitig starkem Abfall der Herzfrequenz zu bewirken. Nach etwa zwei Minuten läßt die Umformungszeit dann aber doch die von HOLLDACK und LANG beschriebene Frequenzunabhängigkeit erkennen.

Aus den bisherigen Ausführungen ist die dominierende Rolle der Herzfrequenz klar zu ersehen. Es scheint uns aber zweckmäßig, nicht die absoluten Herzschlagfrequenzen sondern den Anstieg der Herzschlagfrequenz gegenüber dem Ruhewert zu vergleichen. Außerdem muß immer von der Größe und Dauer der geleisteten Arbeit ausgegangen werden. Die Erholungszeit kann so von wenigen Sekunden bis zu Stunden andauern (43). DENOLIN und Mitarbeiter (16) konnten zeigen, daß die Herzfrequenzen umso höher ansteigen, je schwerer die geleistete Arbeit ist, und daß auf der anderen

Seite die Rückkehr zur Ruheausgangslage entsprechend langsamer wird. Im Vergleich zu anderen Belastungstesten mit ebenfalls hohen Leistungsanforderungen (25) konnten unsere Ergebnisse diese Beobachtung voll bestätigen.

Erkenntnisse KALTENBACH's (29), DENOLIN's mit Mitarbeitern (16) und MANN's mit Mitarbeitern (40), daß der Anstieg der Herzschlagfrequenz sich nach großen körperlichen Belastungen bereits nach einer Minute Erholung um mehr als die Hälfte vermindert hat, während er sich in den folgenden vier Minuten der Erholungsphase nur noch sehr langsam verkleinert, konnte bei unseren Untersuchungen ebenfalls klar aufgezeigt werden.

Dagegen ließ sich eine wichtige Mitteilung von DEPPE und BIERHAUS (17), derzufolge Herzarbeit, Herzleistung und Frequenz auch noch in der ersten Zeit der Erholung immer erhöht seien, nicht bestätigen. Mit Ausnahme der oben besprochenen kurzfristigen Verkürzung der Austreibungszeit zeigten alle anderen Größen bereits nach 30 Sekunden Erholung deutlich die Tendenz zur Rückkehr in die Ausgangslage vor Belastung.

Dies bedeutet aber, daß alle herzdynamischen Parameter, die in der Literatur als Belastungsbefunde mitgeteilt werden (4,5,59), in Wirklichkeit Erholungsbefunde sind, wenn zur Gewinnung der Meßgrößen der Arbeitsvorgang auch nur kurzfristig unterbrochen wurde. Unter diesen Aspekten werden auch die Angaben verständlich, die bei der Herzinsuffizienz eine absolute Zunahme der Anspannungszeit feststellen (BLUMBERGER).

Zusammenfassung

An 50 männlichen herzgesunden Studenten mit einem Durchschnittsalter von 24,8 Jahren wurden herzdynamische Untersuchungen nach der von BLUMBERGER (4) angegebenen Methode unmittelbar im Anschluß an eine 200-Watt-Belastung durchgeführt. Dazu wurde das Registrierprogramm in einminütigen Abständen bis zur 5. Minute der Erholungsphase abgeleitet.

Folgende Ergebnisse wurden gewonnen:

- 1.) Die Diastolendauer nimmt während der Erholungsphase erheblich (109%) zu, erreicht aber nach 5 Minuten bei weitem noch nicht den Ruhewert.
- 2.) Die Anspannungszeit nimmt in der Erholungsphase um 169% zu und gelangt nahe an den Ruhewert. Dabei nimmt die Druckanstiegsphase weit mehr zu als die Umformungsphase.
- 3.) Die Austreibungszeit nimmt während der Erholung insgesamt mäßig (22%) zu, zeigt jedoch in den ersten 30 Sekunden noch eine geringgradige Verkürzung (-3%), die aber statistisch nicht signifikant ist.
- 4.) Der Quotient Austreibungszeit / Anspannungszeit nimmt ebenso wie die Herzfrequenz um etwa die Hälfte in der Erholungsphase ab.

Aus dem Vergleich zwischen Erholungs- und Belastungsbefunden läßt sich erkennen, daß bei gleicher Frequenz die Herzmechanik in den verschiedenen Situationen (Belastung, Erholung) nicht dieselbe ist, sondern daß die Anspannungszeit in der Erholungsphase größer, die Austreibungszeit kleiner ist.

Literaturverzeichnis

- 1.) Atzler, E.:
Neues Verfahren zur Funktionsprüfung
des Herzens.
Dtsch.med.Wschrft. 2, 1347 (1933)
- 2.) Atzler, E. und G. Lehmann:
Über ein neues Verfahren zur Darstellung
der Herztätigkeit (Dielektrographie).
Arb. Phys. 5, 636 (1932)
- 3.) Beurich, H. und H. Maaß:
Über die Koppelung der elektrischen und
dynamischen Vorgänge am Herzen.
Arch. Kreislaufforschg. 15, 224 (1949)
- 4.) Blumberger, K. J.:
Die Untersuchung der Leistungsfähigkeit
des Herzens.
Klin. Wschrft. 1940, 825
- 5.) Blumberger, K. J.:
Die Anspannungszeit und Austreibungszeit
beim Menschen.
Arch. Kreislaufforschg. 6, 203 (1940)
- 6.) Blumberger, K. J.:
Was sagt das Größenverhältnis Austreibungs-
zeit / Anspannungszeit über die Arbeit des
Herzens aus?
Klin. Wschrft. 1941, 681, 708
- 7.) Blumberger, K. J.:
Herzdynamik und Herzsuffizienz.
Verh. dtsch. Ges. Kreislaufforschg. 17, 121 (1950)
- 8.) Blumberger, K. J.:
Funktionsprüfung des Herzens.
Med. Welt 1951, 379

- 9.) Blumberger, Kj.:
Die Wirkungen des peripheren Kreislaufs
auf die zeitliche Dynamik des Herzens
beim Menschen.
Verh. dtsh. Ges. Kreislaufforsch. 22/23,
79 (1956)
- 10.) Blumberger, Kj.:
Die Untersuchung der Dynamik des Herzens
beim Menschen. Ihre Anwendung als Herz-
leistungsprüfung.
Erg. d. Inn. Med. u. Kinderheilk. 62, 424 (1942)
- 11.) Blumberger, Kj.:
Die Herzdynamik in der klinischen Diagnostik
in Blumberger Kj. und A. Weber
1. Freiburger Colloquium (1958)
Banaschewski, München 1959
- 12.) Blumberger, Kj., H. Hütten und K. Klein:
Untersuchungen über den Einfluß des
Strophantins auf die krankhaft veränder-
te Anspannungszeit und Austreibungszeit
des Herzens beim Menschen.
Z. klin. Med. 137, 591 (1940)
- 13.) Bohnenkamp, H. und L. Delius:
Vorschläge über eine einheitliche Bezeich-
nungsweise in der Elektrokardiographie.
Z. Kreislaufforsch. 31, 297 (1939)
- 14.) Brammer, H.:
Die zeitliche Herzdynamik unter dem Ein-
fluß körperlicher Belastung bei Herzgesunden.
Inaugural-Dissertation, Erlangen 1968
- 15.) Broemser, Ph. und O. Ranke:
Die physikalische Bestimmung des Schlag-
volumens des Herzens.
Z. Kreislaufforsch. 25, 11 (1933)
- 16.) Denolin, H., K. König, R. Messin und S. Degré:
Die Ergometrie in der Cardiologie.
Symposium für Cardiologie, Freiburg 1967

- 17.) Deppe, B. und H. Bierhaus:
Dynamik des menschlichen Kreislaufs während
der Muskelarbeit und anschließender Erholungs-
phase.
Arch. Kreislaufforschg. 2, 357 (1937)
- 18.) Dungen, M. v.:
Über die relative Verkürzung der mechanischen
Systolendauer durch Arbeitsbelastung des Her-
zens.
Z. klin. Med. 132, 266 (1939)
- 19.) Dungen, M. v.:
Über die reaktive Änderung der relativen An-
spannungszeit, Austreibungszeit, Systolen- und
QT-Dauer.
Arch. Kreislaufforschg. 8, 52 (1940)
- 20.) Emmrich, J., H. Klepzig und H. Reindell:
Zur Frage der klinischen Bedeutung einer Unter-
teilung der Anspannungszeit des linken Ventri-
kels in Umformungszeit und Druckanstiegszeit.
Arch. Kreislaufforschg. 24, 177 (1956)
- 21.) Gollwitzer, H., Meier, F. und H. Krüger:
Zur Verschiedenheit der Herzenergetik bei
Druck- und Volumenleistung.
Pflügers Archiv 238, 251 (1936)
- 22.) Herzum, A.:
Über die Elektrokardiographie des sog. Sport-
herzens mit besonderer Berücksichtigung der
Belastungsproben.
Z. Kreislaufforschg. 32, 162 (1940)
- 23.) Holldack, K.:
Die Bedeutung der Umformungs- und Druckan-
stiegszeit für die Herzdynamik.
Dtsch. Arch. klin. Med. 198, 71 (1951)
- 24.) Holldack, K. und D. Wolf:
Atlas und kurzgefaßtes Lehrbuch der Phono-
kardiographie.
Stuttgart 1966

- 25.) Hollmann, W., Bouchard, C., H. Venrath und G. Herkenrath:
Vergleichende Untersuchungen über die Aussagekraft des Master-, Harvard-, Tuttle-, Schneider-, Hettinger- und Liantests bezüglich der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit.
Z. Kreislaufforschg. 54, 647 (1965)
- 26.) Hoogerwerf, S.:
Elektrokardiographische Untersuchungen der Amsterdamer Olympiakämpfer. In: Buytendijk, Ergebnisse der sportärztlichen Untersuchungen bei den 9. Olympischen Spielen in Amsterdam 1928.
Berlin, Julius Springer Verl. (1929)
- 27.) Herkel, W. und W. Nürnberger:
Über mechanische und elektrische Systolendauer.
Verh. dt. Ges. Kreislaufforschg. (1939)
- 28.) Kahlstorff, A. und H. Ude:
Die Änderung von Herz- und Schlagvolumen nach körperlicher Arbeit.
Z. klin. Med. 125, 85 (1933)
- 29.) Kaltenbach, M.:
Beurteilung der Leistungsreserven von Herzkranken mit Hilfe von Stufenbelastungen.
Studienreihe Boehringer Mannheim 1968
- 30.) Knoll, W.:
Arbeits-EKG bei Sportleuten.
Arb. Phys. 5, 424 (1931)
- 31.) Krayenbühl, H. P., K. Kako, E. Lüthy und R. Hegglin:
Über die Korrelationen zwischen Systolenlänge und hämodynamischen Parametern beim Hund.
Arch. Kreislaufforschg. 42, 253 (1963)
- 32.) Lang, E.:
Einfluß der Pulsfrequenz auf die Kontraktionsphasen des Herzens.
Z. Kreislaufforschg. 54, 479 (1965)

- 33.) Lang, E.:
Über die Bedeutung indirekter sphymographischer Meßmethoden.
5. Freiburger Colloquium, Banaschewski, München 1965
- 34.) Lang, E. und H. Brammer:
Die zeitliche Herzdynamik unter dem Einfluß körperlicher Belastung bei Herzgesunden.
Z. Kreislaufforschg. 58, 715 (1969)
- 35.) Lang, E. und B. Krauß:
Die zeitliche Herzdynamik während körperlicher Belastung bei Patienten mit erworbenen und angeborenen Herzfehlern.
Z. Kreislaufforschg. 59, 145 (1970)
- 36.) Laszt, F. und K. Müller:
Beitrag zur Herzdynamik.
Z. Kreislaufforschg. 42, 287 (1953)
- 37.) Lehmann, G. und A. H. Steinhaus:
Die dielektrographische Analyse des Erholungsvorganges.
Arb. Phys. 6, 607 (1933)
- 38.) Lehmann, G.:
Praktische Arbeitsphysiologie.
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1962
- 39.) Maaß, H.:
Über ein Verfahren der Messung der Austreibungszeit und Anspannungszeit beim Menschen.
Z. Kreislaufforschg. 38, 229 (1948)
- 40.) Mann, D. und M. Winkelmann:
Die Herzschlagfrequenz unter Belastung als Kriterium der Leistungsfähigkeit beim Herzkranken.
Z. Kreislaufforschg. 56, 126 (1967)
- 41.) Meiners, S.:
Meßmethoden zur Analyse der Herz- und Kreislaufdynamik.
1. Freiburger Colloquium, Banaschewski, München 1958

- 42.) Mellerowicz, H.:
Über das Ökonomieprinzip in Arbeit und
Leistung des trainierten Kreislaufs.
Arch.Kreislaufforsch. 24, 70 (1956)
- 43.) Mellerowicz, H.:
Ergometrie.
Urban & Schwarzenberg, München und
Berlin 1962
- 44.) Messerle, N.:
Elektrokardiographische Untersuchungen
von Skiwettläufern. In.: Knoll, W. Die sport-
ärztlichen Ergebnisse der olympischen
Winterspiele in St. Moritz 1928.
Paul Haupt Verlag, Bern 1928
- 45.) Michel, D.:
Zur praktischen Bedeutung der dynamischen
Herzzeitwerte.
Ärztl. Forschg. 19, 65 (1965)
- 46.) Millahn, H. P.:
Die Kontraktionsphasen des jugendlichen
Herzens und ihre Beziehungen zur Hämody-
namik.
Z. Kreislaufforschg. 53, 178 (1964)
- 47.) Müller, E. A.:
Herzarbeit und Herzvolumen.
Pflügers Archiv 238, 638 (1939)
- 48.) Müller, H.:
Das Verhältnis der Anspannungszeit zur
Austreibungszeit beim Herzgesunden und
Herzkranken.
Klin. Wschrft. 1961, 609
- 49.) Reindell, H.:
Kymographische und elektrokardiographi-
sche Untersuchungen am Sportherzen.
Dt. Arch. klin. Med. 182, 506 (1938)

- 50.) Reindell, H. und L. Delius:
Blutdruck und EKG bei verschiedenem
Leistungszustand des Kreislaufs in Ruhe
und nach starken körperlichen Belastungen.
Verh. dt. Ges. Kreislaufforsch. (1939)
- 51.) Reindell, H. und H. Klepzig:
Untersuchung der Anspannungs- und Aus-
treibungszeit des Herzens bei Herzmuskel-
schädigung und bei veränderter Kreislauf-
reaktion.
Z. Kreislaufforsch. 38, 129 (1949)
- 52.) Reiselmann, S. D. und J. J. Kostjukow:
Änderung im EKG nach dosierter körperlicher
Arbeit.
1. Mittl. Arb. Phys. 3 Heft 5 (1930)
- 53.) Roskamm, H.:
Das Belastungs-EKG.
Studienreihe Boehringer Mannheim 1967
- 54.) Schlomka, G.:
Das Belastungs-EKG.
Arb. Phys. 8, 705 (1935)
- 55.) Schlomka, G.:
Über die zeitliche Gestaltung der Herz-
tätigkeit des Gesunden.
Med. Welt 10. Jahrgang Bd. 2 (1936)
- 56.) Schultz, H.:
Über die Bestimmungsmöglichkeit der An-
spannungszeit des Herzens.
Z. Kreislaufforsch. 29, 425 (1937)
- 57.) Starling, E. H.:
Das Gesetz der Herzarbeit.
Bern und Leipzig 1920

58.) Stollreiter, H.:

Die physikalische Schlagvolumenbestimmung und ihre Brauchbarkeit als klinische Herz- und Kreislauffunktionsprüfung.

Arch.Kreislaufforschg. 16, 174 (1950)

59.) Straub, H.:

Die Dynamik des Herzens. Die Arbeitsweise des Herzens in seiner Abhängigkeit von Spannung und Länge unter verschiedenen Arbeitsbedingungen.

In.: Bethe und v.Bergmann: Handbuch normaler und pathologischer Physiologie. 7, I, 237 Berlin 1926

60.) Unghváry, I., S.Somló, T.Zankariás, P.Farkas und I.Grynaeus:

Ein Verfahren zur Bestimmung der Anspannungszeit und Austreibungszeit des Herzens.

Z.Kreislaufforschg. 40, 585 (1951)

61.) Wenkebach, K. und W.Winterberg:

Die unregelmäßige Herztätigkeit.
Leipzig 1927

Lebenslauf

Am 1. Januar 1942 wurde ich, Peter Kränzlein, als Sohn des Facharztes Dr. med. Walter Kränzlein und seiner Ehefrau Liselott, geb. Steinmetz, in Erlangen geboren.

Meine Schulzeit verbrachte ich von 1947 bis 1952 an der hiesigen Volksschule. Anschließend besuchte ich das Humanistische Gymnasium in Erlangen, wo ich 1962 das Abitur bestand.

Nach 2-jähriger Militärzeit begann ich mit dem Medizinstudium im WS 1964/65 an der Universität Erlangen-Nürnberg, welches ich mit Ausnahme des SS 1968, das ich an der Universität Wien absolvierte, hier zu Ende führte. Das medizinische Staatsexamen habe ich an der hiesigen Hochschule am 24. 7. 1970 vollständig bestanden.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
